

MRI 在胎儿先天性肾脏畸形中的诊断价值

蒲杨梅 康敏 孙菊 马淑珍 王齐艳*

(四川省妇幼保健院 放射科, 四川 成都 610000)

【摘要】 目的 探讨胎儿先天性肾脏畸形中的 MRI 影像特点,以提高对胎儿肾脏畸形的认知及产前诊断准确率,其次探究 MRI-DWI 在胎儿肾脏功能评估方面的应用价值。**方法** 回顾性分析 2016 年 10 月至 2021 年 6 月在四川省妇幼保健院经临床确诊的 60 例肾脏畸形胎儿的临床资料、超声及胎儿磁共振的影像学特点;分析正常肾脏与畸形肾脏 ADC 值差异;磁共振在胎儿肾脏畸形产前诊断准确率及误诊、漏诊原因分析。**结果** ①单侧肾缺如 7 例、异位肾 8 例、先天性肾发育不全 5 例、融合肾 10 例、重复肾 15 例、先天性肾盂输尿管梗阻(ureteropelvic junction obstruction, UPJO)6 例、多囊肾(2 例婴儿型多囊肾、5 例多囊性发育不良肾)7 例、巨输尿管 2 例。②MRI 对于产前胎儿肾脏畸形的诊断准确率达 95%(57/60);其中 2 例重复肾合并输尿管异位开口仅诊断出重复肾、输尿管异位开口漏诊,1 例巨输尿管误诊。③正常肾脏 ADC 值与畸形肾脏 ADC 值的差异具有统计学意义。**结论** MRI 检查对胎儿肾脏畸形的诊断准确率较高,可明显提高肾脏畸形的产前诊断准确率;ADC 值可应用于胎儿肾脏畸形筛查及肾脏功能的初步评估,但仍需要进一步研究数据支持。

【关键词】 胎儿肾脏畸形;核磁共振成像;扩散加权成像;重复肾

【中图分类号】 R714.53

【文献标识码】 A

The value of MRI in the diagnosis of fetal congenital renal malformation

Pu Yangmei, Kang Min, Sun Ju, Ma Shuzhen, Wang Qiyan*.

1. Department of Radiology of Sichuan Maternal and Child Health Hospital (Chengdu 610000, Sichuan Province, China)

Corresponding Author: Wang qi-yan, E-mail: 843480403@qq.com.

【Abstract】 Objective The characteristics of MRI images in fetal congenital renal malformation were discussed to improve diagnosis accuracy of fetal renal malformation; Secondly, exploration the application value of MRI-DWI in the fetal kidney function evaluation. **Methods** Retrospectively analyzed the clinical data and imaging characteristics of 60 fetuses renal malformation diagnosed in Sichuan Maternal and Child Health Hospital from October 2016 to June 2021; analyzed the ADC difference between normal kidney and abnormal kidneys; and analyzed the prenatal diagnosis accuracy and missed diagnosis. **Results** ① agenesis of kidney 7 cases, renal ectopia 8, congenital renal hypoplasia 5, anomalies of renal fusion 10, duplicitas of renal pelvis and ureters 15, ureteropelvic junction obstruction (UPJO) 6, polycystic kidneys 7 (2 infantile polycystic kidney disease, 5 multicystic dysplastic kidney), and megaureter 2. ② MRI diagnostic accuracy of 95% for prenatal fetal renal malformation (57 / 60); 2 cases of duplicitas of renal pelvis and ureters are diagnosed, but ureteral ectopic openings missed diagnosis, and one megaureter misdiagnosis. ③ The difference between normal kidney ADC value and abnormal kidney ADC value has statistical significance. **Conclusion** MRI examination has a high diagnostic accuracy of fetal kidney abnormalities, which can significantly improve the screening accuracy of renal abnormalities; ADC can be applied to fetal renal

DOI: 10.13470/j.cnki.cjpd.2022.03.008

* 通信作者:王齐艳,Email: 843480403@qq.com

malformation screening and preliminary assessment of renal function, but further research data support is still needed.

【Key words】 Fetal kidney malformation; MRI; diffusion-weighted imaging; repeat kidney

先天性肾脏畸形 (Congenital kidney malformation, CKM) 由胎儿期肾组织和(或)输尿管芽发育障碍引起的一系列畸形; 胎儿期相对常见, 约占胎儿产前畸形的 15%~40%^[1]。超声为肾脏畸形的首选检查方法, 但亦存在较多客观、主观因素影响, 进而影响产前诊断准确率。近两年凭借 MRI 大视野及良好软组织对比度等优势, 胎儿 MRI 技术迅猛发展, 目前已广泛应用于胎儿各系统疾病的诊断。本文回顾性分析胎儿肾脏畸形的 MRI 特点, 以期提高对本病的认识及产前诊断准确率, 其次探究 ADC 值在肾脏畸形中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2016 年 10 月至 2021 年 6 月期间在我院行胎儿超声、胎儿腹部磁共振检查且经临床确诊为先天性肾脏畸形的 60 例胎儿的临床影像学资料。纳入标准: ①所有病例均在孕期行胎儿超声检查且均提示肾脏畸形; ②所有病例均在孕期行胎儿腹部 MRI 检查且与胎儿超声检查时间不超过一周 (小于等于 7 天); ③所有病例均具有产后影像资料、手术资料或引产后尸检资料。排除标准: ①未经临床确诊病例; ②仅有孕期超声或孕期 MRI 检查资料; ③图像质量欠佳, 影像伪影干扰较重不利于后处理测值的病例。本院孕期超声筛查胎儿肾脏畸形 732 例, 通过上述纳入排除标准, 最终纳入病例 60 例。60 例孕妇产前超声及胎儿 MRI 均签署知情同意书, 胎儿引产后尸体解剖均通过医院伦理医学会批准。

1.2 检查方法 超声筛查 60 例胎儿肾脏畸形, 后均行胎儿腹部 MRI 检查。磁共振扫描设备为 GE Signa HDXt 1.5T, 孕妇取仰卧位或侧卧位, 选择头先进, 腹部采用相前片相控阵线圈。检查时孕妇尽量平静呼吸。对母体进行三平面定位, 用以判断胎位。之后对胎儿腹部行冠、矢、轴三方位扫描, 进行扫描时以上一次图像作为参考基线定位, 保证下

一次胎儿腹部图像定位的准确性。扫描序列以冠、矢、轴 T2WI, 冠、轴位 T1WI, 冠、轴位 DWI; 具体扫描序列参数如下: ①单次激发快速自旋回波序列 (SS-FSE) T2WI, 层厚 3mm, 层间距 0mm, 视野 380mm×380mm, TE 100 ms, TR 1800 ms, 矩阵 320×256。②2D 真实稳态进动序列 (2D Fiesta), 层厚 3 mm, 层间距 0mm, 视野 380mm×380mm, TE 1.4ms, TR 3.5ms, 翻转角 90, 矩阵 224×224。③快速扰相位梯度回波 (FSPGR) T1WI, 层厚 4mm, 层间距 1mm, 视野 380mm×380mm, TR 155ms, TE min full, 反转角 80, 矩阵 228×160。横断面 DWI (b 值 600), TE minimum, TR 4200ms, 视野 380mm×380mm, 矩阵 128×130。扫描时间约 12~17min。

1.3 图像分析 所有胎儿的 MRI 影像学资料均由 2 位长期从事胎儿影像诊断工作的高年资医师及 1 位高年资住院医师、1 位中级技师共同阅片, 2 位高年资医师负责图像的分析工作 (有争议者 2 位医师协商达成一致), 住院医师负责图像记录及追踪临床病理结果, 1 位中级技师负责扫描技术指导。

ADC 值测量: 依据 MRI 图像的信号特点, 在 ADC 图上选取感兴趣区 (ROI)。关于 ROI 的选取: ①畸形侧肾选取肾实质最薄处测量; 健康肾选取与畸形侧肾同平面测量; ②ROI 的定位及勾画由 2 位高年资医师及 1 位住院医师共同完成 (有争议者 3 位医师协商达成共识), 并由住院医师记录 ADC 值; ③每例均进行至少三次的测量, 并取 ADC 平均值作为最终值。

1.4 诊断标准及统计学分析 产前诊断标准参考《胎儿畸形产前超声诊断学》及《儿科影像诊断学》中相关标准。60 例胎儿分娩后行影像学检查或引产后行尸检确诊。

计量资料 ADC 值均采用均数表示。ADC 参数值先进行 Shapiro-Wilk 正态性检验及 Levene 方差齐性检验。患肾组与健康肾组之间的 ADC 值行独

立样本 t 检验。当 $P < 0.05$ 表明差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般临床资料 60 例孕妇年龄范围 20~44 岁(中位年龄 28.7 岁),孕周范围 22⁺⁶ 周~39 周,平均孕周(31.3±2)周,均为单胎妊娠,18 例合并妊娠糖尿病、20 例确诊妊娠高血压,22 例孕期无特殊。60 例孕妇均无孕早期致畸物接触史;60 例孕妇中 2 例具有胎儿肾脏畸形引产史、58 例无畸形胎儿孕产史。60 例孕妇 52 例于本院产前诊断门诊咨询,

8 例于外院产前门诊咨询;31 例胎儿出生,29 例选择引产。临床确诊单侧肾缺如 7 例、异位肾 8 例(4 例正常、4 例合并发育不良)、先天性肾发育不全 5 例、融合肾 10 例(6 例合并发育不良和/或肾盂积水、4 例正常)、重复肾 15 例(4 例上下盏均积水扩张、7 例上盏积水扩张、4 例正常;7 例合并输尿管异位开口、8 例单纯性重复肾)、先天性肾盂输尿管梗阻(UPJO)6 例、多囊肾(2 例婴儿型多囊肾、5 例多囊性发育不良肾)7 例、巨输尿管 2 例。产前诊断(US 和 MRI)与临床资料的比较见表 1 及图 1-5。

表 1 先天性肾脏畸形的一般影像临床资料

畸形分类	例数	超声诊断 (例)		MRI 诊断 (例)		临床结局 (例)	
		诊断正确	漏误诊	诊断正确	漏误诊	出生	引产
单侧肾缺如	7	7	0	7	0	4	3
异位肾	8	5	3	8	0	4	4
先天性肾发育不全	5	5	0	5	0	4	1
融合肾	10	7	3	10	0	3	7
重复肾	15	10	5	13	2	5	10
先天性肾盂输尿管梗阻	6	5	1	6	0	3	3
多囊肾	7	7	0	7	0	7	0
巨输尿管	2	1	1	1	1	1	1

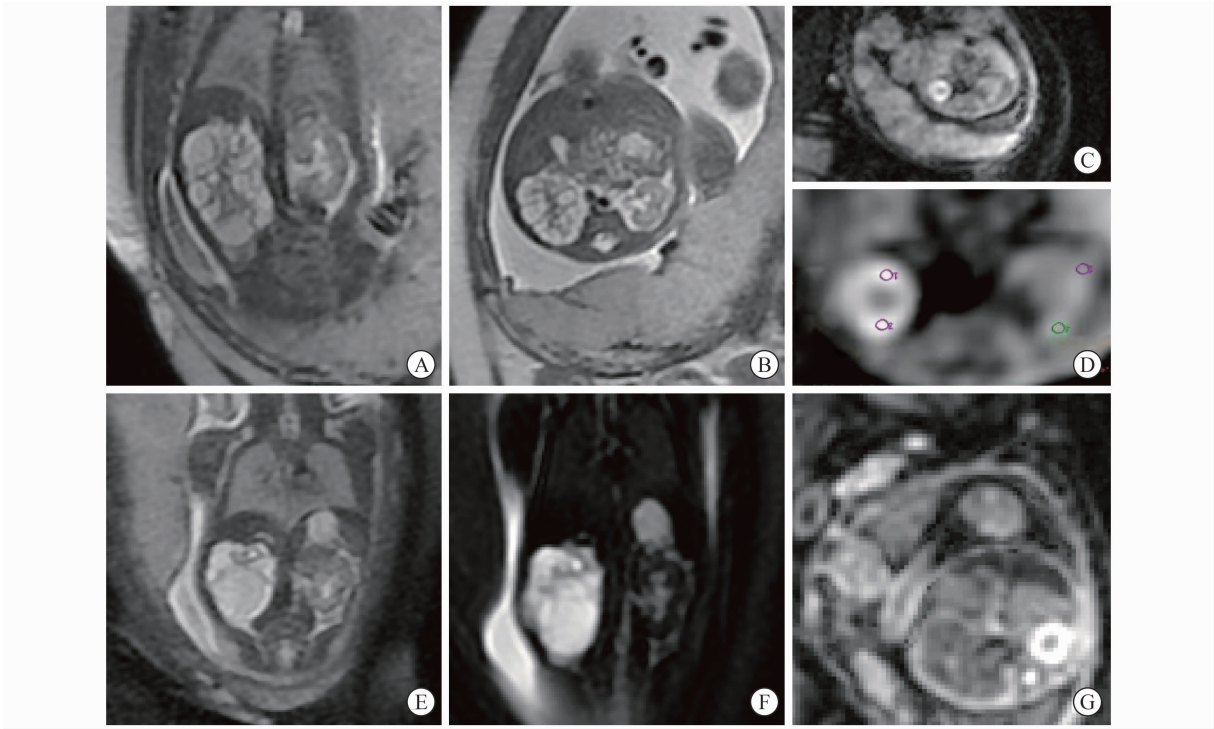


图 1 孕 26⁺¹ 周、22⁺⁴ 周,多囊性发育不良。A-B: 冠位及轴位 T2WI 示胎儿右肾体积明显增大、T2WI 信号增高,内弥漫囊样结构;C-D: 示右肾 DWI 信号减低,对应 ADC 值减低;E-G: 冠位 T2WI、MRU 及轴位 DWI 示右肾多发大小不等的囊性病变伴皮质菲薄,DWI 信号明显减低

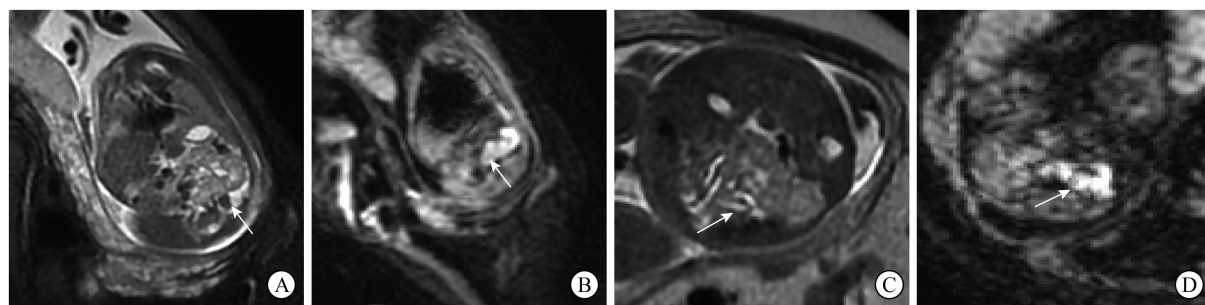


图 2 孕 27⁺²周、30⁺⁶周。A-B: 冠位 T2WI 及 DWI 示交叉融合肾(左肾位置、肾门方向正常,下极与异位的右肾融合,右肾门旋转); C-D: 轴位 T2WI 及 DWI 示交叉融合性异位肾(L 型—左肾位置、肾门方向正常,下极与异位的右肾下极融合,右肾门旋转)

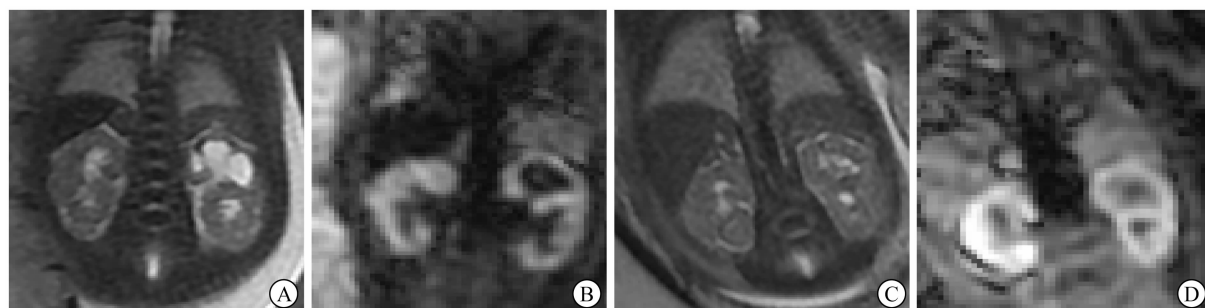


图 3 超声漏诊的 2 例胎儿重复肾畸形 孕 31⁺⁶周、30⁺⁶周。A-B: 冠位 T2WI 及 DWI 示胎儿左侧重复肾,上肾盂积水伴上肾发育不良,与下肾于肾门区汇合; C-D: 轴位 T2WI 及 DWI 示左侧重复肾畸形,上下肾盂均未见明显扩张

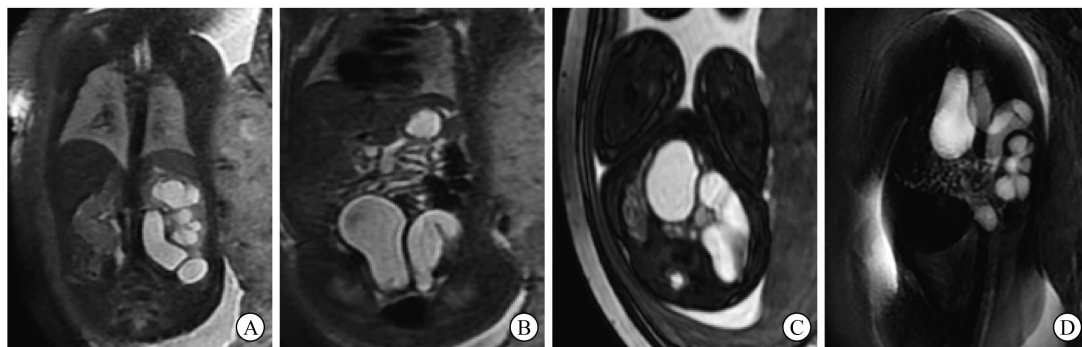


图 4 胎儿左侧肾重度积水,左侧巨输尿管伴异位开口。孕 36⁺¹周。A-D 冠: 位及轴位 T2WI、冠位 MRU 示左侧肾脏较右侧明显增大,肾盂明显扩张,呈"花瓣"样改变,左肾实质明显受压变薄,左侧输尿管走行迂曲、明显扩张,输尿管末端位于膀胱左后下缘

2.2 超声及磁共振漏误诊病例 MRI 产前完全准确诊断肾脏畸形 57 例,产前诊断准确率 95%; US 产前完全准确 47 例,产前诊断准确率 78%。在产前 MRI 检查中,2 例重复肾合并输尿管异位开口,产前磁共振仅诊断出重复肾,2 例同侧输尿管异位开口均漏诊;1 例巨输尿管误诊为肾盂及中上段输尿管积水扩张。在产前 US 检查中,3 例异位肾误诊为肾缺如;3 例融合肾 2 例误诊为异位肾、1 例误

诊为肾缺如;5 例重复肾均误诊为单纯肾积水或肾盂分离;1 例先天性肾盂输尿管梗阻单纯诊断为肾积水;1 例巨输尿管误诊为 UPJO。

2.3 正常肾脏 ADC 值与畸形肾脏 ADC 值的独立样本 *t* 检验 60 例病例中除外 7 例肾脏缺如,共计肾脏 113 个,其中畸形肾脏 53 个、健康肾脏 60 个;对两组数据进行独立样本 *t* 检验。肾脏畸形组 ADC 值的均数为 1.467×10^{-3} ,健康肾脏组 ADC

值的均数为 1.849×10^{-3} 。两组 ADC 值符合正态分布且方差齐, P 值 < 0.05 , 表明两组 ADC 差异有

统计学意义。

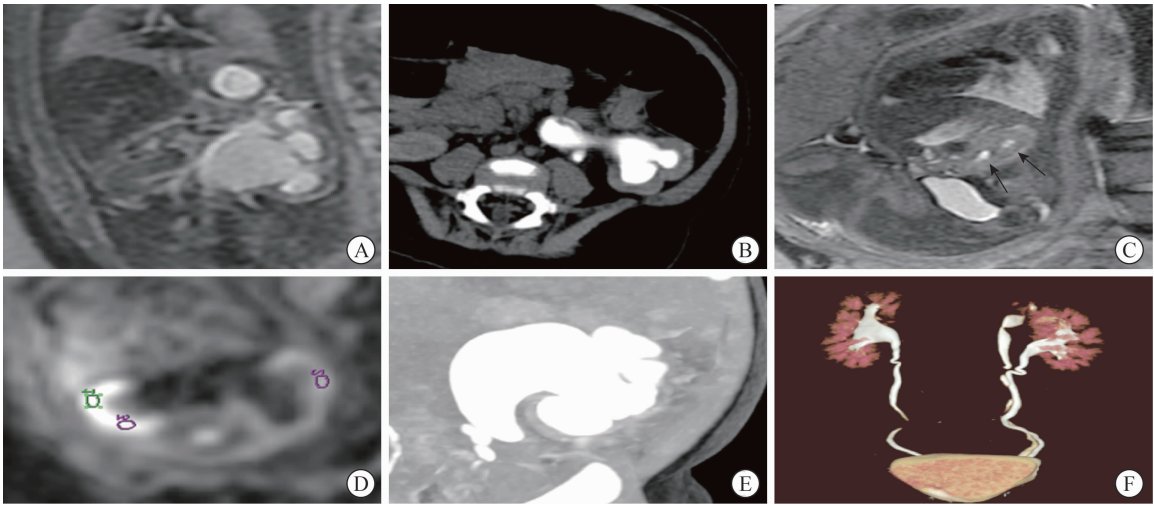


图 5 左侧先天性肾盂输尿管梗阻,左肾重度积水。A: 孕 28 周,冠位 T2WI 显示左肾盂肾盏明显积液、扩张,肾实质变薄;
B: 轴位 DWI 显示畸形肾 DWI 信号减低、ADC 值减低;C-D: 为患儿 7 月龄术前 CTU 显示左肾重度积水,
输尿管上段纤细、迂曲及折叠; E-F: 左肾盂与输尿管重复畸形,胎儿期显示双肾盂,
5 岁时 CTU 显示肾盂与输尿管重复畸形

表 2 正常肾脏 ADC 值与畸形肾脏 ADC 值的

ADC 值	独立样本 t 检验		统计值 t	P 值
	正常组 ($n=60$)	畸形组 ($n=53$)		
均值 $\pm$ 标准差 (10^{-3})	1.849 ± 0.53	1.467 ± 0.71	-3.239	0.002

3 讨论

3.1 发病机理 先天性肾脏畸形与胚胎发育过程密切相关;在胚胎发育过程中,任何环节发生的误差都将造成肾脏不同性质的变异或畸形。肾脏由后肾发育而来,后肾起源于输尿管芽和生后肾;在妊娠第 5 周后肾开始发生,在妊娠 3 月时后肾发育成肾脏、此时可辨别皮髓质结构,同时具有较弱的排泄功能^[2]。肾脏原始位置低、接近骨盆;随着妊娠进程,肾脏开始上升且随之旋转^[3]。在肾脏上升的过程中,肾脏的血管会发生相应变化,肾脏未上升时由骨盆血管供血,上升过程中骨盆血管消失、新的供血血管进而在相应层面出现^[4]。当上述进程任意一环节发生障碍,均会导致不同性质的肾脏畸形。胎儿期先天性泌尿系畸形主要包括肾脏上升异常--异位肾;肾脏旋转异常;融合肾;肾脏数量异常--肾缺如、额外肾;肾脏大小异常--先天性肾发育不全、先天性

肾肥大;肾脏囊性病变--婴儿型多囊肾、多囊性发育不良肾、髓质海绵肾;肾盂及输尿管重复畸形;先天性肾盂输尿管交界区梗阻;巨输尿管畸形等。

3.2 产前影像学检查方式及漏误诊病例分析 据国外有关胎儿泌尿系统畸形的文献报道显示产前超声和 MRI 诊断的敏感度和特异度分别为 85.5% 和 98.7%^[5],与本文研究结构基本相符。本组超声漏误诊 13 例,其中异位肾 3 例均误诊为单侧肾缺如,考虑为异位肾伴有发育不良,体积较小且形态异常,易导致误诊情况发生;5 例重复肾均误诊为单纯肾积水或肾盂分离,考虑为重复肾合并肾积水程度不重,且肾脏冠状面显示不够精准所致;1 例先天性肾盂输尿管梗阻单纯诊断为肾积水、1 例巨输尿管误诊为 UPJO,考虑为胎儿肠道干扰及孕妇肥胖,导致输尿管情况显示不佳。胎儿超声发展历史悠久、应用广泛、普及度高,具有较长的发展历史及研究深度,是胎儿泌尿系统的首选检查方式^[6],但当胎儿体位不正、孕妇肥胖及羊水过少时,均会导致胎儿产前筛查准确率下降;其次超声诊断的主观性较强,产前筛查准确率与切面是否标准、医生诊断能力均密切相关,故产前诊断准确性存在一定波动性。

近两年凭借 MRI 大视野及良好软组织对比度等优势,胎儿 MRI 技术迅猛发展,目前已广泛应用于胎儿各系统疾病的诊断。MRI 具有优良的软组织对比度、显示解剖结构好、能够反映病理组织学特点等优势;亦可以克服羊水过少、孕期肥胖及胎儿体位不正等超声不利因素的限制,对胎儿各系统各部位多序列、多方位及多模态成像;是目前产前胎儿畸形筛查不可或缺的重要补充检查手段^[7]。在产前 MRI 检查中,2 例重复肾合并输尿管异位开口,产前磁共振仅诊断出重复肾、2 例同侧输尿管异位开口均漏诊;1 例巨输尿管误诊为肾盂及中上段输尿管积水扩张。误诊原因考虑为胎儿解剖结构较小且磁共振扫描间隔较厚,对于较小病灶及细微结构容易漏诊、误诊。

3.3 各类畸形的 MRI 表现及诊断要点

(1)异位肾是指肾组织发育成熟后由于上升障碍而未达到正常位置的一类畸形,其中以盆腔异位肾最多见,且常合并异常血管供血、对侧肾脏代偿性增大^[8]。MRI 上同一平面能同时显示胎儿肾窝内肾脏缺如和异位肾的位置,MRI-DWI 序列胎儿肾脏呈明显肾形高信号且与周围组织对比鲜明、辨识度高;其次据相关文献报道肾脏 ADC 值可应用于肾功能评估,且其影像质量不受骨盆、羊水及母体等相关因素影响^[9],故能明显提高肾脏畸形诊断准确率,此与本文研究一致。

(2)肾脏旋转异常是指肾组织上升过程中伴发的肾脏自旋障碍,表现为肾门开口位置异常^[10]。MRI 多序列、多方位均可清晰显示肾门开口方向。

(3)融合肾是指肾脏融合异常;常为一侧肾跨越中线异位于对侧肾区并与之融合,常伴有旋转异常;常见分型主要有马蹄肾、乙形肾、L 形肾及盘状肾等^[11]。MRI 凭借对肾脏的高分辨率可清晰显示肾脏的多种融合形态特点。

(4)肾缺如是指胚胎发育过程中一侧生肾组织和输尿管芽不发育,使后肾组织萎缩、消失^[12]。MRI 主要表现为肾窝内肾脏组织缺如且其他部位无肾脏结构显示。

(5)先天性肾发育不全是指胚胎发育过程中后肾组织或输尿管芽发育障碍或供血异常所致肾脏不充分发育导致的肾脏大小、功能等异常的一类畸形;大多数单发,约 3/4 合并同侧肾上腺缺如^[13]。MRI 主要表现为肾脏体积减小、形态异常且 DWI 正常高

信号减低。

(6)婴儿型多囊肾-PotterI 型肾脏囊性病,属于常染色体隐性遗传病,常伴双肾多发囊性病变、肝脏纤维化;肾功明显减低、预后差。胎儿期 MRI 主要为双肾弥漫增大、皮髓质分界不清,内见弥漫扩张的肾小管呈放射状分布;合并肝脏纤维化是其特征性征象,亦是于髓质海绵肾重要的鉴别点^[14]。多囊性发育不良肾隶属 PotterII 型,发病机制尚不明朗;目前侧重于形态学分类,主要表现为肾脏多囊性病变伴肾脏发育不良;其发病率远高于 PotterI 型。影像学主要表现为肾脏多发大小不等囊影且各囊之间互不相通,肾皮质菲薄。

(7)肾盂及输尿管重复畸形是指胚胎期后肾组织发育异常,输尿管有异常分叉进入后肾基质所致。双肾盂畸形相对常见,主要分为上下肾盂,其中约 2/3 上肾盂较小、发育不良;不细致或图像质量不佳时常导致产前漏诊^[15]。上下肾盂均具有自身独立供血血管,这一特点可为产前重复肾的诊断提供重要价值。MRI 上,重复肾畸形常表现为双套集合系统,可伴或无肾盂和输尿管扩张;当并发输尿管囊肿或开口异常时常伴有肾积水。胎儿腹部大冠位及 MRU 大视野下能明确输尿管全程,对判断重复肾是否合并输尿管异位开口有重要诊断价值。

(8)UPJO 常见于肾盂输尿管连接处狭窄,常见狭窄原因为胎儿期局部供血异常、腔内瓣膜、肌性发育不良、腔外纤维素牵拉包裹、腔外大血管压迫等。据有关文献报告约 25% 的 UPJO 合并其他泌尿系畸形;严重梗阻者可伴发肾发育不良^[16]。MRI 表现肾盂肾盏及输尿管起始段明显积液扩张,输尿管上端局部截断征,中下段输尿管显示不清,膀胱充盈一般。

(9)巨输尿管指由各种原发性或继发性病变引起的输尿管全程的普遍扩张。MRI 大冠位及 MRU 均可全面显示输尿管形态、走行等影像特点。

3.4 DWI 在胎儿肾脏中应用 随着影像技术的发展及日益成熟,MRI-DWI 被普遍认为是评估胎儿肾脏功能的最佳影像学方法^[17]。MRI-DWI 基于水分子的布朗运动及磁共振平面回波成像(EPI),能够反映活体组织中水分子微观运动,实现无创性检测组织结构中水分子的弥散特性,进而反映组织微观结构的生理、病理特点;是目前唯一可以评估胎儿肾脏功能的一种无创的影像学检查技术^[18]。据相关文献报道,胎儿正常肾脏 DWI 呈高亮信号,其

ADC值较畸形肾脏ADC值高,差值具有统计学意义,相关性 $r=0.774^{[19]}$;与本文研究结构基本相符。但胎儿肾脏是一个随孕周增大而逐步发育的变化过程,不同孕周胎儿肾脏的ADC值是不一致的;故本文采取测量同一胎儿正常肾、畸形肾脏ADC值,尽可能减少孕周及个体差异所致的误差。胎儿肾功能减低程度与ADC减低程度相关性尚无统一结论。在今后的研究中,随着样本量的增加、病例数据更加统一、规范,相信DWI在胎儿肾脏中的应用将会有更广阔的发展。

综上,产前超声是胎儿泌尿系统筛查的首选检查方式,但因胎儿体位不正、孕妇肥胖及羊水过少时,会导致胎儿产前筛查准确率下降,磁共振凭借大视野及良好软组织对比度,对肾缺如、异位肾、发育不良肾、融合肾、多囊肾、重复肾及UPJO、巨输尿管等先天性泌尿系畸形具有较高的诊断价值,是目前产前胎儿肾脏畸形诊断及佐证的不可或缺的重要检查手段;其ADC值亦可应用于胎儿肾脏功能的评估,为产前诊断医生提供关于胎儿预后的信息。

参 考 文 献

- [1] 贾艳波,于岩.中晚孕期产前超声筛查胎儿畸形的临床价值[J].临床医药文献电子杂志,2018,(68):118-119.
- [2] MINUTH WW. Shaping of the nephron-a complex, vulnerable, and poorly explored backdrop for noxae impairing nephrogenesis in the fetal human kidney [J]. Mol Cell Pediatr, 2020, 7(1):2.
- [3] GHALEB, MAHMOUD, MOHAMED, et al. Role of ultrasonographic measurement of fetal kidney length in determination of gestational age during third trimester of pregnancy[J]. Open Journal of Obstetrics and Gynecology, 2021, 11(3): 221-232.
- [4] MINUTH WILL W. Microanatomy of the developing nephron in the fetal human kidney during late gestation[J]. Annals of Anatomy-AnatomischerAnzeiger, 2021, 236: 151705
- [5] 高洁,沈颖,贾立群.18324例儿童超声筛查先天性肾脏畸形结果分析[J].中华肾脏病杂志,2009,7:568-569.
- [6] 刘海东,于红,赵建国,等. MRI检查在胎儿先天性肾脏异常诊断中的应用[J].中华妇产科杂志,2016,12:895-900.
- [7] DUCZKOWSKA A, OLWERT A, DUCZKOWSKI M, et al. Postnatal verification of prenatal diagnoses established on foetal magnetic resonance imaging[J]. Ginekol Pol, 2018,89(5):262-270.
- [8] 张慧婧,马京梅,杨慧霞.胎儿先天性肾脏和尿道畸形的研究进展[J].中华妇产科杂志,2015,50(10):791-794.
- [9] 李彦娟,刘冀龙,张丽.产前超声检查在胎儿泌尿系统畸形诊断中的应用及临床价值[J].中国妇幼保健,2021,36(4):900-903.
- [10] BRENNAN S, KANDASAMY Y, RUDD D, et al. Fetal kidney charts of a novel measurement of the renal parenchymal thickness to evaluate fetal kidney growth and potential function[J]. Prenat Diagn,2020,40(7):860-869.
- [11] 张寿康,林泉,黄敏,等.肾脏发育异常引产儿病理解剖与产前超声分析[J].中国超声医学杂志,2020,36(9):826-828.
- [12] 钟强,钱雯,张兢之,等.产前B超、MRI及高通量测序在先天性肾缺如中的应用[J].分子影像学杂志,2020,4:643-646.
- [13] LI NN, JI LN, CHAO S, et al. Ultrasound screening and follow-up study of congenital anomalies of the kidney and urinary tract in neonates[J]. Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban,2019 Dec 18,51(6):1062-1066.
- [14] JI H, DONG SZ. Magnetic resonance imaging for evaluation of foetal multicystic dysplastic kidney [J]. Eur J Radiol, 2018,108:128-132.
- [15] JI H, DONG SZ. Prenatal diagnosis of renal duplication by magnetic resonance imaging [J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2020,33(14):2342-2347.
- [16] GIRGENTI V, PELIZZO G, AMOROSO S, et al. Emphysematous Pyelonephritis Following Ureterovesical Reimplantation for Congenital Obstructive Megaureter. Pediatric Case Report and Review of the Literature[J]. Front Pediatr,2019,24(7):2.
- [17] SAVELLI S, DI MAURIZIO M, PERRONE A, et al. MRI with diffusion-weighted imaging (DWI) and apparent diffusion coefficient (ADC) assessment in the evaluation of normal and abnormal fetal kidneys: preliminary experience [J]. Prenat Diagn, 2007, 27(12):1104-1111.
- [18] JAKAB A, TUURA R, KOTTKE R, et al. Intra-voxel incoherent motion MRI of the living human foetus: technique and test-retest repeatability[J]. Eur Radiol Exp, 2017,1(1):26.
- [19] 林飞飞.肾脏ADC值与先天性小儿肾积水肾滤过功能相关性研究[D].北京:中国医科大学,2010.

(收稿日期:2022-05-06)

编辑:杨颖俊